AUS DER MEDIZ. KLINIK UND NERVENKLINIK TÜBINGEN.
VORSTAND PROFESSOR Dr. OTFRIED MÜLLER.

DER EINFLUSS VON MUSKELARBEIT AUF DEN BLUTZUCKERGEHALT

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
IN DER MEDIZIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

UNTER DEM PRÄSIDIUM VON

PROFESSOR Dr. OTFRIED MÜLLER
o. ö. PROFESSOR DER INNEREN MEDIZIN
UND DIREKTOR DER MEDIZINISCHEN KLINIK IN TÜBINGEN

DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT IN TÜBINGEN

VORGELEGT VON

HERMANN STERKEL
AUS RAVENSBURG

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1919

AUS DER MEDIZ. KLINIK UND NERVENKLINIK TÜBINGEN.
VORSTAND PROFESSOR Dr. OTFRIED MÜLLER.

DER EINFLUSS VON MUSKELARBEIT AUF DEN BLUTZUCKERGEHALT

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
IN DER MEDIZIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

UNTER DEM PRÄSIDIUM VON

PROFESSOR Dr. OTFRIED MÜLLER
o. ö. PROFESSOR DER INNEREN MEDIZIN
UND DIREKTOR DER MEDIZINISCHEN KLINIK IN TÜBINGEN

DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT IN TÜBINGEN

VORGELEGT VON

HERMANN STERKEL
AUS RAVENSBURG

BIBLIOTHEEK RIJKS UNIV. LEIDEN

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1919

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553613_0101

Meinen Eltern

Weiland[1]) hat als Erster über die Einwirkung von Muskelarbeit auf den Blutzuckergehalt eingehendere Versuche angestellt. Bei sechs Untersuchungen an Gesunden beobachtete er 5 mal ein deutliches Sinken des Wertes, während einmal kein merklicher Unterschied vorhanden war. Die Differenz zwischen Ruhe- und Arbeitswert war manchmal recht beträchtlich und betrug im Durchschnitt 0,028 %. Lichtwitz[2]) kommt dem gegenüber zu dem Ergebnis, daß beim normalen Menschen kurzdauernde aber intensive Muskelarbeit den Blutzucker nicht in allen Fällen herabsetzt. Einmal trat sogar eine leichte Erhöhung ein, der später allerdings eine Senkung folgte. Eine Steigerung des Wertes fand auch v. Moraczewski[3]), der den Einfluß der Bewegung auf den Blutzuckergehalt bei verschiedener Ernährung prüfte und zwar war die Erhöhung bei Kohlehydratnahrung ausgesprochener als bei Eiweiß- und Fettnahrung. Bei Versuchen an Hunden beobachtete Reach[4]) bei 13maligem Übergang von Ruhe zur Arbeit 8 mal eine Steigerung, 4 mal Abnahme und 1 mal Gleichbleiben des Blutzuckerwertes. In neuerer Zeit hat Grote[5]) über die Beziehungen

1) Weiland, Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 92, 1908.
2) Lichtwitz, Berliner klin. Wochenschr. Nr. 22, 1914.
3) v. Moraczewski, Biochemische Zeitschr. Bd. 71.
4) Reach, Biochem. Zeitschr. Bd. 33, 1911.
5) Grote, Über die Beziehungen der Muskelarbeit zum Blutzucker. Karl Marhold, Verlagsbuchhandlung, Halle a. S., 1918.

der Muskelarbeit zum Blutzucker Untersuchungen angestellt, und hat dabei insbesondere die allererste Zeit nach dem Einsetzen der Arbeit berücksichtigt. Die Arbeitsleistung bestand in Faradisation der Muskulatur im Bergonié'schen Stuhl bei einer Stromintensität von 20 Milliampère. Die Sitzungen dauerten jeweils 25 Minuten. Der Blutzucker wurde während dieser Zeit alle 5 Minuten mit der Mikromethode von Ivar Bang bestimmt. Bei dieser Versuchsanordnung sah er bei gesunden Menschen die Arbeitsblutzuckerkurve im allgemeinen horizontal verlaufen und nur gegen das Ende der Arbeit zeigte sich eine leichte Tendenz zum Sinken. Erheblichere über die Fehlergrenze der Methode hinausgehende Steigerungen wurden nicht beobachtet. Die widersprechenden Befunde erklärt Bürger[1]) mit dem verschieden gewählten Zeitpunkt der Blutzuckerbestimmungen. Bei seiner Versuchsanordnung zeigte sich fast durchweg eine mehr oder weniger ausgeprägte Verminderung des Blutzuckers, der ab und zu eine kurzdauernde Hyperglykämie vorausging. Die Forderung Bürger's, daß nur Reihenbestimmungen des Blutzuckers für die Beurteilung ausschlaggebend sein dürfen, hat sich auch bei unseren Untersuchungen als vollkommen berechtigt erwiesen. Wir verwandten bei unseren Versuchen, die wir an Gesunden und später auch an Diabetikern ausführten, stets die Mikromethode von Ivar Bang[2]), die für unsere Versuche wegen der geringen Blutmengen die dabei benötigt werden (100—120 mg Blut) besonders geeignet erschien. Sie gibt bei einiger Übung und peinlichem Einhalten der Vorschriften recht befriedigende Resultate, die den mit der Bertrand'schen Methode gewonnenen vollkommen gleichkommen. Schwierigkeiten macht bei der Methode eigentlich nur die Intensität des Kochens. Die Flamme des Bunsenbrenners ist so zu regulieren, daß bis zum Anfang des Kochens 90 Sekunden verstreichen. Abweichungen nach oben oder unten um mehr als 5 Sekunden bedingen schon recht erhebliche Fehler. Bei den fortwährenden Schwankungen des Gasdrucks, die sich manchmal schon im Laufe von wenigen Minuten bemerkbar machen, ist es oft schwer, dieser Vorschrift gerecht zu werden. Neuerdings hat nun Bang[3]) einen einfachen Apparat beschrieben, der einen stets gleichmäßigen Gasdruck gewährleistet, wodurch das Verfahren wesentlich genauer und auch einfacher ge-

1) Bürger, Zeitschr. f. d. ges. experimentelle Medizin Bd. 5, 1917.

2) Ivar Bang, Methoden zur Mikrobestimmung einiger Blutbestandteile. Wiesbaden 1916.

3) Bang, Biochemische Zeitschr. 1918, Bd. 87. Heft 3/4.

worden ist. Eine weitere Fehlerquelle der Methode bildet die Luftoxydation des Kupferoxyduls, die sich aber durch reichliches Einleiten von Kohlensäure und rasche Ausführung der Titration sowie Vorsicht beim Umschütteln des Kochkölbchens weitgehendst vermeiden läßt. Wegen der geringen Haltbarkeit und der dadurch bedingten Titeränderung empfiehlt es sich, die Jodlösung täglich neu zu bereiten.

Um den Einfluß der Nahrungsaufnahme auf den Blutzuckergehalt bei unseren Versuchen auszuschließen, wurden sämtliche Untersuchungen morgens nüchtern ausgeführt. Die erste Bestimmung fand gleich nach dem Aufstehen vor der Arbeit, die zweite kurz nach der Arbeit, die anderen in Abständen von etwa 1 Stunde statt. Die Arbeitsleistung bestand in Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten jeweils bis zur starken Ermüdung. Von einer genauen Dosierung der Arbeitsleistung wurde Abstand genommen. Nennenswerte Temperatursteigerungen, die den Blutzucker im Sinne einer Hyperglykämie beeinflussen und darum zu beachten sind, wurden nicht beobachtet.

Wir gehen nun zu den Versuchen selbst über und beginnen mit der Mitteilung unserer Resultate bei Gesunden. Um eine gesicherte Grundlage für die Beurteilung zu bekommen, stellten wir zunächst die stündlichen Schwankungen des Blutzuckergehaltes ohne Arbeitsleistung fest. Die Versuchsanordnung war im übrigen dieselbe, wie bei den anderen Untersuchungen. Es zeigte sich, daß die Blutzuckerwerte in den Vormittagsstunden bei nüchternem Magen nur ganz unbedeutend schwanken. Demgegenüber bieten die Befunde, die wir unter dem Einfluß von Muskelarbeit bei Gesunden erhoben haben, ein wesentlich anderes, wenn auch nicht immer gleichartiges Bild. Unsere Beobachtungen erstrecken sich auf 10 gesunde Versuchspersonen.

Versuch 1. M., gesund, 24 Jahre. Kräftige Muskulatur. Arbeitsleistung: Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten bis zur sehr starken Ermüdung.

Ende der Arbeit 7,40 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7	Uhr	morgens	0,086
nach „ „	7,50	„	„	0,082
„ „ „	9,10	„	„	0,071
„ „ „	10	„	„	0,074
„ „ „	11	„	„	0,072
„ „ „	12,10	„	„	0,082.

Unmittelbar nach Arbeitsende sinkt der Blutzuckerwert langsam ab und erreicht nach 2 Stunden seinen tiefsten Stand. Die Differenz

zwischen Ruhe- und Arbeitswert beträgt um diese Zeit 0,015 %. Nach 4 Stunden ist der Ausgangswert nahezu wieder erreicht.

Versuch 2. Frau B., gesund, 26 Jahre. Arbeitsleistung: Treppensteigen bis zur sehr starken Ermüdung.

Arbeitsende 8,05 Uhr.

Blutzucker	vor der	Arbeit	7,20	Uhr morgens	0,093
	nach „	„	8,20	„ „	0,085
	„ „	„	9,00	„ „	0,082
	„ „	„	10,00	„ „	0,068
	„ „	„	11,00	„ „	0,057
	„ „	„	12,30	„ „	0,074

Der Blutzucker sinkt nach Arbeitsende zunächst allmählich, dann rascher ab und erreicht nach 3 Stunden mit einer Differenz von 0,036 % gegenüber dem Ausgangspunkt seinen Tiefpunkt. 4 Stunden nach der Arbeitsleistung macht sich die Tendenz zum Ansteigen bemerkbar.

Versuch 3. Bl., gesund, Astheniker, 33 Jahre. Arbeitsleistung: Treppensteigen bis zur starken Ermüdung.

Ende der Arbeit 7,50 Uhr.

Blutzucker	vor der	Arbeit	7,05	Uhr morgens	0,088
	nach „	„	8,20	„ „	0,102
	„ „	„	9,00	„ „	0,083
	„ „	„	10,00	„ „	0,085
	„ „	„	11,00	„ „	0,092
	„ „	„	12,00	„ „	0,089.

Versuch 3 unterscheidet sich von den beiden anderen dadurch, daß kurze Zeit nach Arbeitsende eine Steigerung des Blutzuckerwertes um 0,014 % eingetreten ist, auf die eine ganz leichte rasche vorübergehende Senkung folgte.

Versuch 4. Ru., 27 Jahre, kräftige Muskulatur. Arbeitsleistung: Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten bis zum starken Ermüdungsgefühl.

Ende der Arbeit 7,50 Uhr.

Blutzucker	vor der	Arbeit	7,10	Uhr morgens	0,078
	nach „	„	8,20	„ „	0,074
	„ „	„	9,00	„ „	0,060
	„ „	„	10,00	„ „	0,068
	„ „	„	11,20	„ „	0,071
	„ „	„	12,00	„ „	0,069.

Unter dem Einfluß der Arbeitsleistungen sinkt der Blutzuckergehalt nach 1 Stunde von 0,078 % auf 0,060 % also um 0,018 % und steigt dann langsam wieder an.

Versuch 5. M., 32 Jahre, gesund, mittelkräftig. Arbeitsleistung: Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten bis zur sehr starken Ermüdung.

Ende der Arbeit 6,50 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	6,20	Uhr	morgens	0,096
nach „ „	7,00	„	„	0,104
„ „ „	8,10	„	„	0,082
„ „ „	9,00	„	„	0,084
„ „ „	10,20	„	„	0,073
„ „ „	11,30	„	„	0,076

Unmittelbar nach der Arbeitsleistung zeigt sich eine leichte Steigerung des Blutzuckergehaltes. Auf die Steigerung folgt ein allmähliches Abfallen des Wertes um 0,023 %. Dieser Stand ist 3 Stunden später erreicht.

Versuch 6. H., 22 Jahre, gesund. Arbeitsleistung: Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten bis zu sehr starken Ermüdungen.
Arbeitsende 7 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	6,20	Uhr	morgens	0,094
nach „ „	7,10	„	„	0,082
„ „ „	8,00	„	„	0,084
„ „ „	9,20	„	„	0,085
„ „ „	10,00	„	„	0,076
„ „ „	11,00	„	„	0,074.

Bei Versuch 6 ist das sehr langsame Sinken des Blutzuckers bemerkenswert. Der niedrigste Stand ist erst 4 Stunden nach Arbeitsende erreicht. Die Differenz beträgt um diese Zeit 0,020 %.

Versuch 7. W., 18 Jahre, gesund. Arbeitsleistung: Treppensteigen bis zur starken Ermüdung.
Ende der Arbeit 8,05 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,20	Uhr	morgens	0,076
nach „ „	8,20	„	„	0,087
„ „ „	9,00	„	„	0,074
„ „ „	10,30	„	„	0,065
„ „ „	11,10	„	„	0,062
„ „ „	12,20	„	„	0,070.

Unter dem Einfluß der Körperarbeit steigt der Blutzuckergehalt in der ersten Stunde etwas an und ist nach 3 Stunden um 0,014 % unter den Ausgangswert gesunken, um sich nach 4 Stunden diesem wieder zu nähern.

Versuch 8. Pf., 40 Jahre, kräftig. Arbeitsleistung: Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten bis zur sehr starken Ermüdung.
Ende der Arbeit 8,05 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,10	Uhr	morgens	0,082
nach „ „	8,20	„	„	0,082
„ „ „	9,20	„	„	0,066
„ „ „	10,00	„	„	0,068
„ „ „	11,30	„	„	0,074.

Unter dem Einfluß der Muskelarbeit sinkt der Blutzuckerwert nach 1 Stunde von 0,082 auf 0,066 %, also um 0,016 % und steigt dann langsam wieder an.

Versuch 9. B., 28 Jahre, Hysterie. Arbeitsleistung: Treppensteigen und Arbeit am Ergostaten bis zur sehr starken Ermüdung.
Ende der Arbeit 7,55 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,10	Uhr	morgens	0,092
nach „ „	8,05	„	„	0,087
„ „ „	9,20	„	„	0,068
„ „ „	10,30	„	„	0,090
„ „ „	12,00	„	„	0,095.

Bei dem Versuch 9 ist unter dem Einfluß der Körperarbeit eine langsam einsetzende aber rasch zunehmende Verminderung des Blutzuckergehaltes um 0,024 % eingetreten. Nach $2^1/_2$ Stunden ist der Ausgangswert nahezu erreicht.

Versuch 10. W., 21 Jahre, Asthenie. Arbeitsleistung: Treppensteigen bis zur sehr starken Ermüdung.
Ende der Arbeit 7,50 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,00	Uhr	morgens	0,082
nach „ „	8,05	„	„	0,084
„ „ „	9,20	„	„	0,078
„ „ „	10,00	„	„	0,066
„ „ „	11,00	„	„	0,064
„ „ „	12,20	„	„	0,072.

Der Blutzucker sinkt hier langsam ab und erreicht 3 Stunden nach Arbeitsende seinen niedrigsten Wert. Die Differenz zwischen Anfangswert und dem niedrigsten Arbeitswert beträgt 0,018 %. Nach 4 Stunden macht sich ein Wiederansteigen bemerkbar.

Fassen wir das Ergebnis unserer Versuche zusammen, so ergibt sich, daß bei Gesunden unter dem Einfluß rasch einsetzender ermüdender Muskelarbeit in der überwiegenden Mehrzahl aller Fälle eine Verminderung des Blutzuckergehaltes eingetreten ist Unter 10 Versuchen war dies 7 mal der Fall und nur 3 mal erfolgte zunächst ein leichtes Ansteigen des Wertes. Die Differenz zwischen dem Ruhewert und dem niedrigsten Arbeitswert betrug durchschnittlich 0,020 %. Der Höhepunkt der Reaktion war nie unmittelbar nach Abschluß der Arbeit, sondern erst viel später erreicht und zwar 4 mal etwa $1^1/_2$ Stunden (Versuch 1, 4, 8, 9) 2 mal nach 3 Stunden (Versuch 2, 10) und 1 mal nach 4 Stunden (Versuch 6). Daraus ergibt sich einwandfrei die Notwendigkeit von Reihenuntersuchungen zur Beurteilung von Muskelarbeit auf den Blutzuckergehalt. Bei den 3 Versuchen, die zunächst mit einer Erhöhung der Blutzuckerwerte reagierten (Versuch 3, 5, 7) war die Steigerung nur vorrübergehender Natur und nie sehr ausgesprochen (bei Versuch 3 um 0,014 %, bei Versuch 5 um 0,008 %, und bei Versuch 7 um 0,011 %). In allen 3 Fällen machte die

Steigerung bald einer Verminderung Platz, die namentlich bei Versuch 5 (0,023%) sehr ausgeprägt war.

Die Erklärung für die Verminderung des Blutzuckers unter dem Einfluß von Muskelarbeit macht keine besonderen Schwierigkeiten. Man muß sich den Vorgang so vorstellen, daß die arbeitende Muskulatur dem Blut den Zucker entzieht und daß die darauffolgende Glykogenolyse in der Leber mit dem Abfluß des Zuckers aus dem Blut nicht gleichen Schritt hält. Die Deutung der vorübergehenden Steigerung des Blutzuckers ist dagegen nicht so einfach. Von Noorden [1]) erklärt sie so, „daß die ersten von stark einsetzender Muskelarbeit ausgehenden Antriebe im Sinne Max Rubner's [2]) die reichlich aufgespeicherten Energiequellen zum raschen Bedienen der Muskeln und zu etwas verschwenderischem Ausschütten von Zucker veranlassen. Später, wenn die Vorräte nachlassen, wird sparsamer gewirtschaftet."

Wir gehen nur zur Besprechung unserer Versuche an Diabetikern über. Die klinische Erfahrung lehrt, daß Muskelarbeit die Glykosurie in manchen Fällen zu vermindern vermag, in anderen dagegen zu einer Steigerung der Zuckerausscheidung führt. Blutzuckerbestimmungen, die einen besseren Einblick in die Zuckerbilanz gestatten als das Verhalten der Glykosurie sind für eine Beurteilung dieser Verhältnisse besonders wertvoll. Derartige Untersuchungen sind zuerst von Lichtwitz [3]) angestellt worden. Er sah in zwei Fällen von leichtem Diabetes im Beginn der Behandlung kurz nach Beseitigung der Glykosurie, den Blutzuckergehalt durch Arbeit steigen, während später nach Besserung des Zustandes eine Verminderung des Wertes die Folge war. Bei einem schweren Diabetiker stieg der Blutzucker durch Arbeit beträchtlich an, in anderen Fällen blieb der Wert unbeeinflußt oder zeigte eine Verminderung. Lichtwitz hat durchweg nur zwei Blutzuckerbestimmungen ausgeführt, eine vor und eine unmittelbar nach der Arbeitsleistung. Eine andere Versuchsanordnung traf Grote [4]). Er bestimmte den Zuckergehalt des Blutes während der Arbeitsleistung in Abständen von 5 Minuten und fand bei Diabetikern im allgemeinen die Neigung zum Ansteigen des Wertes. Der Anstieg setzte unmittelbar nach Beginn der Muskelarbeit ein.

1) v. Noorden, Die Zuckerkrankheit. Berlin 1917. Verlag Hirschwald.
2) Rubner, Sitz-Ber. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wiss. 1915.
3) Lichtwitz, l. c.
4) Grote, l. c.

verlief aber nicht gleichmäßig, sondern war oft von starken Schwankungen unterbrochen.

Unsere eigenen Versuche wurden nach denselben Grundsätzen wie bei den Gesunden durchgeführt. Besonderen Wert legten wir darauf, zu ermitteln, ob die Arbeitsblutzuckerkurve in einem gewissen Parallelismus zu der Schwere der Erkrankung steht und ob sie sich bei den einzelnen Kranken bei gleichbleibender Leistung unter dem Einfluß der Behandlung und verschiedener Lebensweise nennenswert ändert. Im ganzen konnten wir bei 4 Diabetikern solche Versuche anstellen.

Die Diabetiker zeigen schon in Ruhe bei nüchternem Magen innerhalb weniger Stunden größere Schwankungen des Blutzuckergehaltes als die Gesunden. Darum sind hier für die eindeutige Beurteilung der Einwirkung von Muskelarbeit auf den Blutzucker häufigere Untersuchungen besonders notwendig. Entscheidend ist dabei nicht der einzelne Wert, sondern die allgemeine Tendenz der Kurve zum Steigen oder Fallen.

I.

Albertine H., 20 Jahre. Leichter Diabetes. Seit Juni 1918 Klagen über Müdigkeit, großen Hunger und Durst. Guter Ernährungszustand. Blühendes Aussehen. Kräftige Muskulatur. Beim Eintritt in die Klinik am 26. März 1919 1,4 % (25,4 g) Zucker. Kein Aceton. Entziehung der Kohlenhydrate macht den Urin sofort zuckerfrei. Bei der Entlassung am 24. Mai 1919 liegt die Toleranzgrenze bei 120 g Brot, dabei ganz beschwerdefrei. Gewichtszunahme um 1,5 kg.

Versuch 1. Am 24. April 1919 nach 5 Tagen strenger Bettruhe kohlenhydratfreier Kost seit 14 Tagen. Im Urin seit 12 Tagen kein Zucker mehr.

Die Arbeitsleistung besteht in 10maligem Treppensteigen und 5 Minuten Arbeit am Ergostaten bis zur starken Ermüdung.

Ende der Arbeit 8,10 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,20	Uhr	morgens	0,132
nach „ „	8,20	„	„	0,153
„ „ „	9,00	„	„	0,146
„ „ „	10,00	„	„	0,160
„ „ „	11,20	„	„	0,158
„ „ „	12,00	„	„	0,156.

Versuch 2. Am 28. April 1919 nach ganztägigem Aufsein seit 4 Tagen und kohlenhydratfreier Kost seit 18 Tagen. Im Urin keinen Zucker, kein Aceton.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 8,15 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,10	Uhr	morgens	0,129
nach „ „	8,20	„	„	0,118
„ „ „	9,00	„	„	0,162
„ „ „	10,30	„	„	0,147
„ „ „	11,45	„	„	0,139
„ „ „	12,30	„	„	0,146.

Versuch 3. Am 3. Mai 1919 nach ganztägigem Aufsein und täglichen Spaziergängen von 1- 2 Stunden. Seit 23 Tagen kohlenhydratfreie Kost. Im Urin kein Zucker, kein Aceton.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeitszeit 7,50 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,00	Uhr	morgens	0,124
nach „ „	8,05	„	„	0,146
„ „ „	9,20	„	„	0,138
„ „ „	10,00	„	„	0,147
„ „ „	11,00	„	„	0,153
„ „ „	12,20	„	„	0,135.

Versuch 4. Am 20. Mai 1919 nach ganztägigem Aufsein und täglichem Spazierengehen bis zu 2 Stunden. Seit 11 Tagen allmählich steigende Mengen von Brot, zur Zeit 120 g. Im Urin kein Zucker, kein Aceton. Nach Verabreichung von 130 g Brot tritt 2 Tage später 0,15 % (9 g) Zucker im Urin auf.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 8,15 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,10	Uhr	morgens	0,174!
nach „ „	8,30	„	„	0,228
„ „ „	9,20	„	„	0,224
„ „ „	10,00	„	„	0,217
„ „ „	11,20	„	„	0,225
„ „ „	12,30	„	„	0,220.

In allen 4 Versuchen steigt der Blutzucker nach ermüdender Muskelarbeit deutlich an. Der Anstieg ist aber nicht ganz gleichmäßig, sondern wird gelegentlich von kleineren Senkungen unterbrochen. Bei Versuch 2 geht der Steigerung eine kurz dauernde Hypoglykämie voraus. Ein Einfluß der veränderten Versuchsbedingungen auf den Ablauf der Kurve ist nicht zu erkennen. Bemerkenswert ist bei diesem leichten Diabetes die Höhe des Blutzuckers, die nach Verabreichung von 120 g Brot früh nüchtern 0,174 % beträgt, ohne daß Zucker im Urin aufgetreten wäre. 2 Tage später nach einer weiteren Zulage von 10 g Brot war allerdings wieder Zucker im Urin nachweisbar.

II.

Frau N., 66 Jahre. Leichter Diabetes. Seit mehreren Jahren zuckerkrank. Subjektiv keinerlei Beschwerden. Im Urin bei der Auf-

nahme am 24. Mai 2,5 % Zucker. Nach 100 g Brot 1 % (21 g) Zucker. Kein Aceton. Reduktion der Kohlenhydrate auf 50 g Brot macht den Urin zuckerfrei. Ende Juni bewirken 100 g Brot keine Zuckerausscheidung mehr; nie Aceton.

Versuch am 5. Juni 1919. Nach mehrtägiger strenger Bettruhe und strenger Kost + 50 g Brot. Im Urin seit 6 Tagen kein Zucker mehr.

Arbeitsleistung: Treppensteigen bis zur starken Ermüdung. Ende der Arbeit 7,45 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,10	Uhr	morgens	0,125
nach „ „	8,00	„	„	0,147
„ „ „	9,00	„	„	0,158
„ „ „	10,20	„	„	0,146
„ „ „	11,10	„	„	0,153
„ „ „	12,30	„	„	0,134.

Auch bei diesem leichten Altersdiabetes zeigt die Arbeitsblutzuckerkurve steigende Tendenz und zwar ist die Steigerung des Wertes schon unmittelbar nach Ende der Arbeit sehr ausgesprochen.

Weitere Untersuchungen konnten bei der Patientin leider nicht vorgenommen werden.

III.

Michael M., 28 Jahre. Schwerer Diabetes. März 1916 in englischer Gefangenschaft erkrankt. Klagen über Müdigkeit und starke Abmagerung trotz guten Appetits. Viel Durst, Kopfschmerzen. Guter Ernährungszustand, sehr kräftige Muskulatur. Beim Eintritt in die Klinik am 24. März 1919 6,4 % Zucker. Aceton +, Acetessigsäure +. Entziehung der Kohlenhydrat- und Einschränkung der Eiweißzufuhr vermochte die Glykosurie nicht zu beseitigen. Am 23. Mai entlassen mit 70 g Brot, dabei 1,4—1,6 % (75—90 g) Zucker. Aceton jetzt negativ. Das Allgemeinbefinden hat sich wesentlich gebessert. Kopfschmerzen nur noch ganz selten. Das Körpergewicht ist um 3,5 kg gestiegen.

Versuch 1. Am 25. April 1919 bei völliger Bettruhe seit 3 Tagen und kohlenhydratfreier Kost seit 12 Tagen. Im Urin 1 % (48 g) Zucker. Kein Aceton. Arbeitsleistung: 10 mal Treppensteigen (sehr starke Ermüdung). Ende der Arbeit 8 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,25	Uhr	morgens	0,134
nach „ „	8,10	„	„	0,120
„ „ „	9,00	„	„	0,115
„ „ „	10,20	„	„	0,132
„ „ „	11,30	„	„	0,146
„ „ „	12,20	„	„	0,137.

Versuch 2. Am 29. April 1919, seit 4 Tagen täglich 2 Stunden außer Bett. Seit 16 Tagen kohlenhydratfreie Kost. Im Urin 0,9 % (44,6 g) Zucker. Kein Aceton.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 8,20 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,00	Uhr	morgens	0,138
nach „ „	8,30	„	„	0,134
„ „ „	9,30	„	„	0,130
„ „ „	11,00	„	„	0,144
„ „ „	12,20	„	„	0,142

Versuch 3. Am 3. Mai 1919. Nach ganztägigem Aufsein seit 4 Tagen und kohlenhydratfreier Kost seit 20 Tagen. Im Urin 0,7 % (33 g) Zucker. Kein Aceton.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 8 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	7,30	Uhr	morgens	0,140
nach „ „	8,20	„	„	0,144
„ „ „	9,00	„	„	0,163
„ „ „	10,30	„	„	0,176
„ „ „	12,10	„	„	0,152

Versuch 4. Am 20. Mai 1919. Bei 70 g Brot (seit 7 Tagen täglich um 10 g steigend) und mehrtätigem Aufsein und täglichen 1 bis 2stündigen Spaziergängen. Im Urin 1,5 % (75 g) Zucker. Kein Aceton.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 7,30 Uhr.

Blutzucker vor der Arbeit	6,20	Uhr	morgens	0,152
nach „ „	7,35	„	„	0,168
„ „ „	9,00	„	„	0,162
„ „ „	10,00	„	„	0,174
„ „ „	11,20	„	„	0,176
„ „ „	12,00	„	„	0,177.

Unter dem Einfluß der Muskelarbeit ist bei dem ersten Versuch, der bei Bettruhe und kohlenhydratfreier Kost ausgeführt wurde, eine Verminderung des Blutzuckergehaltes eingetreten. Bei Versuch 2 liegt die Verminderung noch innerhalb der physiologischen Grenzen, wie auch die auf die Verminderung folgende Steigerung in den beiden ersten Versuchen. Ein abweichendes Verhalten zeigen demgegenüber die Versuche 3 und 4. Beide Male steigt die Arbeitsblutzuckerkurve beträchtlich an. Zu dieser Zeit war der Kranke den ganzen Tag auf und machte täglich kleine Spaziergänge. Die Brotzulage in Versuch 4 hatte abgesehen von dem etwas höheren Nüchternwert, auf den Ablauf der Kurve keinen Einfluß.

IV.

Z., 33 Jahre. Schwerer Diabetes. Seit Dezember 1918 krank. Klagen über Müdigkeit und Abmagerung. Viel Hunger und Durst. Sehr mager, Gewicht 44,5 kg bei einer Größe von 1,70 m; trockene Haut. Bei Eintritt in die Klinik am 6. Februar 1919: 7,5 % Zucker, Aceton +, Acetessigsäure +. Entziehung der Kohlenhydrate und Ein-

schränkung der Eiweißzufuhr vermochten die Glykosurie nicht zu beseitigen. Bei der Entlassung aus der Klinik am 4. Juni 1919 besseres Befinden. Die Zuckerausscheidung schwankt bei 80 g Brot zwischen 1,5—2 % (50 und 60 g), kein Aceton mehr. Subjektiv außer leichter Ermüdbarkeit keinerlei Beschwerden.

Das Körpergewicht hat um 2,5 kg zugenommen.

Versuch 1. Am 14. Februar 1919. 8 Tage nach der Aufnahme bei vorausgegangener strenger Bettruhe und 120 g Brot. Im Urin 5,8 % Zucker (273 g) Aceton ++, Acetessigsäure —+. Die Arbeit besteht in fünfmaligem Treppensteigen und 3 Minuten Arbeit am Ergostaten. Darauf sehr starke Ermüdung. Ende der Arbeit 7,45 Uhr.

Blutzucker	vor der Arbeit	7,00	Uhr	morgens	0,322
	nach „ „	8,05	„	„	0,284
	„ „ „	10,30	„	„	0,275.

Versuch 2. Am 28. März 1919. Nach mehrtägiger strenger Bettruhe und täglich 80 g Brot. Im Urin 2,2 % (85,6 g) Zucker. Aceton in Spuren.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 8,10 Uhr.

Blutzucker	vor der Arbeit	7,30	Uhr	morgens	0,246
	nach „ „	8,15	„	„	0,244
	„ „ „	9,00	„	„	0,257
	„ „ „	10,20	„	„	0,272
	„ „ „	12,30	„	„	0,258.

Versuch 3. Am 5. Mai 1919. Nach 5—6 stündigem Aufsein seit mehreren Tagen und täglich 80 g Brot. Im Urin 2,4 % (88 g) Zucker. Aceton schwach positiv.

Arbeitsleistung wie bei Versuch 1.

Ende der Arbeit 7,55 Uhr.

Blutzucker	vor der Arbeit	7,30	Uhr	morgens	0,226
	nach „ „	8,10	„	„	0,264
	„ „ „	9,00	„	„	0,252
	„ „ „	10,20	„	„	0,267
	„ „ „	11,30	„	„	0,248
	„ „ „	12,20	„	„	0,244.

In dem Verhalten der Arbeitsblutzuckerkurve nach Arbeitsleistung ist bei diesem schweren Diabetes keinerlei Gesetzmäßigkeit zu erkennen. Bei dem ersten Versuch der in den ersten Tagen nach der Aufnahme bei vorausgegangener Bettruhe ausgeführt wurde, zu einer Zeit, da der Zuckergehalt im Urin sehr hoch (5,8 %) und das Allgemeinbefinden schlecht war, drückte die Arbeitsleistung den Blutzuckerspiegel deutlich herab. In den beiden späteren Versuchen, von denen der zweite nur wenige Tage nach dem ersten und unter ähnlichen Bedingungen ausgeführt wurde, war demgegenüber ein deutliches Ansteigen der Blutzuckerkurve zu

beobachten. Das Allgemeinbefinden war mittlerweile wesentlich besser geworden.

Überblicken wir das Ergebnis unserer Versuche an Diabetikern, so fällt zunächst gegenüber den Gesunden die viel größere Labilität des Blutzuckergehaltes auf. Dies kommt auch schon in den stärkeren Schwankungen der Ruhewerte zum Ausdruck. Im Gegensatz zu den Gesunden reagieren die Diabetiker im allgemeinen auf die Muskelarbeit mit einer Steigerung, des Blutzuckerwertes, die meist unmittelbar nach der Arbeit einsetzt und längere Zeit anhält. Die Reaktion ist in der Regel sehr ausgesprochen, verläuft aber nicht immer in gleichmäßig ansteigender Linie, sondern ist oft von kleineren und größeren Einsenkungen unterbrochen. Das Ergebnis spricht ganz für die von Noorden'sche[1]) Annahme, daß bei Diabetes eine erhöhte Empfindlichkeit des zuckerbildenden Apparates in der Leber besteht. Gelegentlich kann man auch ein andersartiges Verhalten beobachten. Bei 2 unserer Versuche stellt sich auf die Arbeitsleistung wie bei den Gesunden eine Verminderung des Blutzuckergehaltes ein. Man könnte versucht sein, die verschiedenartige Reaktion mit der Schwere der Erkrankung in Zusammenhang zu bringen, etwa in der Art, daß die schweren Formen eher mit einer Steigerung, die leichten dagegen eher mit einer Verminderung des Blutzuckers reagieren, entsprechend der klinischen Erfahrung wonach es im allgemeinen die schweren Fälle sind, bei denen Muskelarbeit die Glykosurie steigert, während bei den leichten Formen gerade das Umgekehrte der Fall ist. Nach unseren Versuchen ist diese Annahme aber nicht berechtigt. Wir fanden Steigerung des Wertes bei leichtem und schwerem Diabetes und in 2 Versuchen an schweren Diabetikern Verminderung des Blutzuckergehaltes. Von einer Gesetzmäßigkeit kann also keine Rede sein. Es wäre noch zu erwägen, ob etwa die diätetische Behandlung oder veränderte Lebensweise auf den Ablauf der Reaktion bestimmend einzuwirken vermögen. Sehen wir unser Untersuchungsmaterial darauf hin an. Bei einem leichten Diabetes (Fall I) war von einem Einfluß der veränderten Versuchsbedingungen auf die Arbeitsblutzuckerkurve nichts zu erkennen; sie bewegte sich in allen 4 Versuchen in ansteigender Linie, gleichgültig, ob die Versuche nach vorausgegangener mehrtägiger Bettruhe oder nach Aufsein und Spazierengehen oder ob sie bei kohlenhydratfreier Kost oder bei Brotzulage ausgeführt wurden.

1) v. Noorden, l. c.

Bei den schweren Diabetesformen verliefen unsere Versuche nicht immer so gleichartig. In Fall III zeigte der erste Versuch bei Bettruhe und kohlenhydratfreier Kost ein Absinken der Blutzuckerkurve; Versuch 2, wenige Tage später unter ähnlichen Bedingungen nur mit etwas Bewegung ein ähnliches Verhalten. Die Verminderung hielt sich dabei allerdings noch in physiologischen Grenzen. Ganz anders dagegen bei Versuch 3 und 4 nach ganztägigem Aufsein und bei Versuch 4 nach einer Zulage von 70 g Brot. Hier war unter dem Einfluß der Muskelarbeit eine ganz erhebliche Steigerung des Blutzuckergehaltes eingetreten. Nach diesen Versuchen an einem schweren Diabetiker könnte es scheinen, daß es für den Ablauf der Arbeitsblutzuckerkurve doch von Bedeutung ist, ob die Untersuchungen nach vorausgegangener Bettruhe oder nach mehrtätigem Aufsein und Spazierengehen vorgenommen werden. Bei einem anderen Kranken mit schwerem Diabetes (Fall IV) war beim ersten Versuch nach strenger Bettruhe und 120 g Brot ebenfalls ein Sinken des Blutzuckergehaltes zu beobachten, während ein zweiter Versuch wenige Tage später unter nahezu denselben Bedingungen (nur 80 statt 120 g Brot) zu einer deutlichen Steigerung führte. Es geht daraus hervor, daß die Reizempfindlichkeit der Leber für die Glykogenolyse bei den einzelnen Kranken zu verschiedenen Zeiten verschieden groß sein kann, daß sich aber die Annahme einer gesetzmäßigen Beeinflussung der Arbeitsblutzuckerkurve durch Änderung der Lebensweise oder der Kost nicht aufrecht erhalten läßt.

Fassen wir zum Schluß das Ergebnis unserer Untersuchungen zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. Die widersprechenden Angaben über den Einfluß ermüdender Muskelarbeit auf den Blutzuckergehalt erklären sich aus dem verschieden gewählten Zeitpunkt der Blutzuckerbestimmungen. Reihenuntersuchungen sind für die Beurteilung unerläßlich. Eine einmalige Bestimmung des Blutzuckers genügt nicht.

2. Für solche Reihenbestimmungen ist die Mikromethode von Ivar Bang wegen der geringen Blutmengen (100—120 mg), die dabei benötigt werden, besonders geeignet. Sie gibt bei einiger Übung und peinlichem Einhalten der Vorschriften recht befriedigende Resultate.

3. Beim Gesunden schwanken die Blutzuckerwerte in der Ruhe und bei nüchternem Magen innerhalb weniger Stunden nur

ganz unbedeutend. Beim Diabetiker sind die Schwankungen deutlich ausgeprägt, aber auch da nicht sehr beträchlich.

4. Ermüdende Muskelarbeit drückt beim Gesunden den Blutzuckerspiegel im allgemeinen herab. Ab und zu geht der Abnahme eine rasch vorübergehende Hyperglykämie voraus. Unter 10 Versuchen war dies 3 mal der Fall. Die Differenz zwischen Ruhewert und niedrigstem Arbeitswert betrug bei unseren Versuchen im Durchschnitt 0,020 %. Der Höhepunkt der Reaktion wird erst einige Stunden ($1^1/_2$—4 Std.) nach Arbeitsende erreicht.

5. Beim Diabetiker hat ermüdende Muskelarbeit in der Regel eine Steigerung des Blutzuckergehaltes zur Folge. Die meist beträchtliche Steigerung setzt unmittelbar nach der Arbeitsleistung ein und hält mehrere Stunden an. Die Kurve verläuft aber nicht in gleichmäßig ansteigender Linie, sondern ist vielfach von kleineren und größeren Einsenkungen unterbrochen. Unsere Befunde sprechen für die von Noorden'sche Annahme, daß beim Diabetes eine pathologisch gesteigerte Erregbarkeit der Glykogenolyse besteht.

6. Viel seltener reagiert der Diabetiker auf Muskelarbeit mit einer Verminderung des Blutzuckers.

7. Ein Zusammenhang zwischen dem Ausfall der Reaktion und der Schwere der Erkrankung besteht nicht. Wir fanden Steigerung des Wertes bei leichtem und schwerem Diabetes und in 2 Versuchen bei schwerem Diabetes eine Verminderung des Blutzuckergehaltes.

8. Von einer gesetzmäßigen Beeinflussung der Arbeitsblutzuckerkurve durch diätetische Behandlung oder Änderung in der Lebensweise kann ebenfalls nicht die Rede sein.

Lebenslauf.

Ich Hermann Sterkel bin geboren am 21. Juni 1890 zu Ravensburg als Sohn des Fabrikbesitzers Wilhelm Sterkel und seiner Ehefrau Julie geb. Güntter. In meiner Vaterstadt besuchte ich das humanistische Gymnasium. Nach dem im Sommer 1909 bestandenen Abiturientenexamen genügte ich als Einj.-Freiw. beim Feldart.-Regt. 13 in Cannstatt von Herbst 1909 bis Frühjahr 1910 meiner Militärpflicht. Mit Beginn des Sommersemesters 1910 bezog ich die Universität Tübingen und studierte dort Medizin. Nach im Herbst 1912 bestandener ärztlicher Vorprüfung studierte ich vom Wintersemester 1912/13 bis Sommersemester 1914 in Berlin. Im August 1914 kam ich als Feldunterarzt zum L.-I.-R. 350 in den Osten. Im Sommer 1916 war ich 3 Monate nach Tübingen beurlaubt zur Ablegung der medizinischen Staatsprüfung, die ich am 9. September 1916 bestand; mit Gültigkeit vom selben Tage bekam ich die ärztliche Approbation. Ich kam dann wieder als Truppenarzt an den östlichen Kriegsschauplatz. Im Januar 1917 wurde ich Ass.-Arzt d. Res. und im März 1917 wurde ich zur 15. I.-D. versetzt. Im Mai 1917 kam ich als Bataillonsarzt des Pionierbat. 8 in den Westen, wo ich in derselben Eigenschaft bis zum Abschluß des Waffenstillstandes tätig war. Am 7. Januar 1919 trat ich in der medizinischen Klinik als Volontärarzt ein. Seit 1. Juni bin ich an derselben Klinik mit einer Kriegsassistenzarztstelle beliehen.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H. Naumburg a. d. S.

G. Pätz'sche Buchdruckerei
LIPPERT & Co. G. m. b. H.,
::: Naumburg a. d. S. :::